

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН

Направление подготовки АБ 13.0302 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

<b>Тема работы</b>
Проектирование мощностью ТЭЦ 128 МВт и релейной защиты трансформаторов
УДК __ 621.925.1:621.314.1-027.3:621.311.22

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Сенчуров Константин Анатольевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пономарчук Н. Р.	-		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Л.А.	К.Т.Н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бородин Ю.В.	К.Т.Н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроэнергетических систем	Сулайманов А.О.	К.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

Код результата	Результат обучения
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P1	Применять соответствующие гуманитарные, социально-экономические, математические, естественно-научные и инженерные знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа электрических устройств, объектов и систем.
P2	Уметь формулировать задачи в области электроэнергетики и электротехники, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.
P3	Уметь проектировать электроэнергетические и электротехнические системы и их компоненты.
P4	Уметь планировать и проводить необходимые экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники, интерпретировать данные и делать выводы.
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Иметь практические знания принципов и технологий электроэнергетической и электротехнической отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях - потенциальных работодателях.
<b><i>Универсальные компетенции</i></b>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области электроэнергетики и электротехники
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях электроэнергетики и электротехники.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной.
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Осуществлять комплексную инженерную деятельность в области электроэнергетики и электротехники с учетом правовых и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.
P12	Быть заинтересованным в непрерывном обучении и совершенствовании своих знаний и качеств в области электроэнергетики и электротехники.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический  
 Направление подготовки АБ.13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
 Кафедра Электроэнергетических систем

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A11	Сенчуров Константин Анатольевич

Тема работы:

Проектирование ТЭЦ мощностью 128 МВт и релейной защиты трансформаторов

Срок сдачи студентом выполненной работы:

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	<i>Объектом Проектирование ТЭЦ 128 МВт</i> - нормальная схема ТЭЦ 128 МВт; - таблицы; количество генераторов 4шт., Мощностью 32МВт., ;Напряжения 10,5 В -Энергосистема: Мощность 900, напряжение 110 кВ, реактивное сопротивление 300%, количество линий связи 2 шт. . -Нагрузка потребителей: напряжение 10 кВ, 35 кВ, количество линий, 6, 8, 16, Мощность 3, 1, 10,МВт коэффициент системы 0,75; 0,78 кВ коэффициент мощности 0,89; 0,9 кВ.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих</i>	- постановка задачи Проектировки - Выбор электрооборудования на ТЭЦ ; - расчет релейной защиты трансформаторов - разработка раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»; - разработка раздела «Социальная ответственность»; - заключение.

разработке; заключение по работе).		
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)		- схема дифференциальной защиты на реле ДЗТ-11; - главная схема электрических соединений
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)		
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>	
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Коршунова Лидия Афанасьевна	
«Социальная ответственность»	Бородин Юрий Викторович	
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	29.01.16
--	----------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Пономарчук Н. Р.	-		09.01.16

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Сенчуров Константин Анатольевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., 5 рис., 18 табл., 23 источника, 2 приложения.

Основная терминология: дифференциальная токовая защита, трехобмоточный трансформатор, реле, вторичные токи, число витков обмоток, схема замещения, коэффициент чувствительности, ресурсоэффективность, ресурсосбережение, социальная ответственность.

Объектом проектирования является- ТЭЦ 128 МВт; объектом защиты является- трансформаторы ТДТН 63000/110.

Цель работы: рассмотреть различные режимы, выбрать электрооборудования ТЭЦ и произвести расчет релейной защиты трансформаторов.

В процессе проектирования произведен расчет на основе исходных данных.

Были приведены: организационно-экономический расчет выполнения проекта и характеристика производственной и экологической безопасности, расчет искусственного освещения кабинета персонала РЗА.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью программных пакетов Inkscape , Visio и оформлена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010.

## ABSTRACT

Final qualifying work 102 p., 5 Fig., 18 tab., 23 source, 2 apps. Basic terminology: current differential protection, three-winding transformer, relay, secondary currents, the number of turns of the windings, equivalent circuit, coefficient sensitivity, resource efficiency, resource conservation, social responsibility. The object of the design is the CHP 128 MW; the object of protection is - 63000/110 power transformers TDTN. Objective: to examine different modes to choose electrical equipment of power plants and to calculate relay protection of transformers. In the design process the calculation on the original data. Were given: organizational and economic calculation of the project performance and characteristics of industrial and ecological safety, the calculation of artificial lighting of the office staff of the RZA. Final qualifying work is done using software packages Inkscape , Visio and decorated in a text editor Microsoft Word 2010

## **Оглавление**

Введение	8
1.Обзор литературы	10
2. ОБЩИЙ БАЛАНС АКТИВНЫХ МОЩНОСТЕЙ	11
3. ВЫБОР СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СТАНЦИИ	13
4. ВЫБОР ТРАНСФОРМАТОРОВ	15
5. ВЫБОР СЕКЦИОННЫХ РЕАКТОРОВ И РАСЧЕТ ТОКОВ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ	18
6. ВЫБОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ТОКОВЕДУЩИХ ЧАСТЕЙ	27
7. ВЫБОР СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ РУ И ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ	40
8. ВЫБОР РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ	42
8.1 Краткая характеристика защищаемых объектов	43
8.2 Состав защиты	43
8.3 Выбор и обоснование устанавливаемых защит	43
8.4. Расчет защиты ДЗТ-11	45
8.5. Расчёт параметров срабатывания защиты от многофазных коротких замыканий на стороне НН.	52
8.6. Расчёт параметров срабатывания защиты от многофазных коротких замыканий на стороне СН.	54
8.7. Расчёт параметров срабатывания защиты от многофазных коротких замыканий на стороне ВН.	56
8.8. Газовая защита	57
9. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	59
9.1. Планирование проекта	59

9.2. Расчёт научно-технической эффективности	60
9.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ	65
9.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ	65
9.3.2 Разработка графика проведения научного исследования	65
9.3.4 Расчет материальных затрат	69
9.3.5 Заработная плата исполнителей темы	70
9.3.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	71
9.3.7 Амортизация	72
9.3.8 Прочие расходы	73
9.4 Определение капитальных вложений в РЗА	74
10.СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.	
Введение	77
10.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов	78
10.2 Техника безопасности категория по ПУЭ	81
10.3 Производственная санитария	82
10.4 Технический регламент требованиях пожарной безопасности	87
10.5 Экологическая безопасность	93
10.6 Чрезвычайные ситуации	96
10.7. Экологическая безопасность	76
10.8. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
11. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	98
ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	100
12. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	101
13. ПРИЛОЖЕНИЯ	102



## **ВВЕДЕНИЕ**

При проектировании ТЭЦ мощностью 128 МВт выбрано надежное электрооборудование, которое соответственно позволит осуществлять долговременную эксплуатацию. При выборе электрооборудования будут использоваться исходные данные, электроэнергетика базируется на трехфазном переменном токе с частотой 50 Гц. Применение трехфазного тока объясняется большей экономичностью сетей и установок трехфазного тока по сравнению с установками однофазного переменного тока, а также возможностью применения наиболее надежных, простых и экономичных асинхронных электродвигателей по сравнению с электродвигателями других типов.

В городах, поселках и на крупных предприятиях электрические сети строятся на напряжение 10 кВ и реже 6 кВ. Напряжения 35 и 110 кВ применяются для связи электростанций между собой при небольших расстояниях и в распределительных сетях при питании потребителей от мощных станций. Напряжения 220, 330 и 500 кВ применяются для связи мощных электростанций между собой, передачи больших мощностей на дальние расстояния, а также для межсистемной связи.

ТЭЦ, как правило, сооружаются в городах, рабочих поселках и при крупных промышленных предприятиях, т.е. в центре тепловых и электрических нагрузок. Поэтому большая часть генераторов ТЭЦ присоединяется непосредственно к сборным шинам генераторного напряжения 6-10 кВ, от которых отходят линии для питания местных потребителей, т.е. промышленных предприятий и городских трансформаторных пунктов ТП. С этих же сборных шин питаются и трансформаторы собственных нужд при наличии избыточной мощности на ТЭЦ, последняя передается в энергосистему с помощью повышающих трансформаторов связи, сборных шин повышенного напряжения и линий электропередачи ВЛ.

Электрическая часть каждой электростанции прежде всего характеризуется схемой электрических соединений, на которой условными обозначениями нанесены все агрегаты и аппараты электрической части станции, и соединения между ними.

## 1.ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Энергетическая система представляет собой сложную многозвенную техническую систему, предназначенную для производства, распределения и потребления электроэнергии. Процессы, происходящие в энергосистеме, отличаются быстротой, взаимосвязанностью, единством процессов производства, распределения и потребления электроэнергии. Управление ими без применения специальных технических средств, называемых средствами автоматического управления, в большинстве случаев оказывается невозможным.

Вспомогательная литература при расчетах защит трансформаторов, в данной работе применялись учебные пособия В. Н. Копьева [6], [издательства Томского политехнического университета.

При выборе электрооборудования была задействована следующая литература: электрическая часть станций: методические указания по выполнению курс. проекта для студентов специальности 100200 – электрические сети ИДО. /Сост. Н.В. Коломиец. – Томск: Издание ТПУ, 2006.[1]

Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. – 3-е изд., М.: Энергоатомиздат, 1987. [2]

Обязательные требования к релейной защите описаны в ПУЭ [8].

Экономический раздел ВКР был рассмотрен на основе работ Коршуновой Л.А., Кузьминой Н.Г.[12].

Раздел «Социальная ответственность» был разработан с помощью нормативных документов, посвящённых теме безопасности жизнедеятельности.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5A11	Сенчуров Константин Анатольевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭСПП
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- стоимость материалов и оборудования; - квалификация исполнителей; - трудоёмкость работы.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	- нормы амортизации; - размер минимальной оплаты труда.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	- отчисления в социальные фонды.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	- формирование вариантов решения с учётом научного и технического уровня
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	- планирование выполнения проекта; - расчёт бюджета на проектирование; - расчёт капитальных вложений в основные средства.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	- определение научно-технической эффективности
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. График проведения НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Коршунова Лидия Афанасьевна	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5A11	Сенчуров Константин Анатольевич		

## 9. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

Целью данного раздела является технико-экономическое обоснование проектирование мощностью ТЭЦ 128 МВт релейной защиты трансформаторов

Реконструкция позволит повысить быстродействие, селективность, чувствительность и надежность релейной защиты и, как следствие, повысить надёжность электроснабжения потребителей. Для достижения этих целей выбираем защиту блока «Генератор-трансформатор» принимаемую комплексом из двух шкафов ШЭ1111 и ШЭ1112 компании «ЭКРА»..

Для ТЭО проведения анализа произведем необходимые расчеты:

1. Планирование научно-технического исследования;
2. Расчёт научно-технической эффективности;
3. Расчет затрат на проектирование релейной защиты основного оборудования подстанции ;
4. Расчет затрат на оборудование и монтаж.

### 9.1 Планирование научно-технического исследования

Таблица .9.1. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Исполнитель
Анализ предметной области и определение и требований шкафов ШЭ1111 и ШЭ1112	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Разработка моделей	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления моделей	Руководитель Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Проектирование данных схемы шкафов ШЭ1111 и	5	Анализ исходных данных	Инженер
	6	Предварительный выбор	

ШЭ1112		защит	
	7	Расчет уставок защит	
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
Тестирования и отладка компонентов шкафов ШЭ1111 и ШЭ1112	9	Тестирования и отладка качества выполнения проекта и консультирование исполнителя	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
Опытная эксплуатация и составление документации	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

## 9.2 Расчёт научно-технической эффективности

В идеале, любое проектирование должно начинаться с выявления требований потенциальных потребителей. После такого анализа становится возможным вычислить единичный параметрический показатель

$$q = \frac{P}{P_{100}} \cdot p, \quad (5.1)$$

где  $q$  – параметрический показатель;

$P$  – величина параметра реального;

$P_{100}$  – величина параметра гипотетического (идеального) объекта, удовлетворяющего потребность на 100%;

$p$  – вероятность достижения величины параметра; вводится для получения более точного результата с учетом элемента случайности, что позволяет снизить риск осуществления проекта, принимаем  $p=0,9$

Каждому параметрическому показателю по отношению к объекту соответствует некий вес  $d$ , разный для каждого показателя. После вычисления всех единичных показателей становится реальным вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие объекта потребности в нем (полезный эффект или качество объекта):

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i, \quad (5.2)$$

где  $Q$  – групповой технический показатель (по техническим параметрам);

$q_i$  – единичный параметрический показатель по  $i$ -му параметру;

$d_i$  – вес  $i$ -го параметра;

$n$  – число параметров, подлежащих рассмотрению.

Таблица 9.2 - Оценка технического уровня новшества

Характеристики	Вес показателей	Новшест во ЭКРА		Конкурент ТЕХНАБ		Идеальн УРЗА	
		$P_i$	$q_i$	$P_i$	$q_i$	$P_{100}$	$q_{100}$
1. Полезный эффект новшества (интегральный показатель качества), $Q$		$Q_n$		$Q_k$		$Q_{100}=1$	
1.1 коммутации цепей постоянного тока с индуктивной нагрузкой, секунд	0,04	70	0.63	30	0.27	100	0,9
1.2 Коммутационная способность контактов реле, регистраторов дискретных сигналов ВТ	0,2	40	0.36	28	0.25	100	0,9
1.3 Правильность работы при изменении напряжения постоянного оперативного тока , (%)	0,2	63	0.57	47	0.42	100	0,9



1.4 выдерживают тока без повреждения, сек	0,2	58	0.53	40	0.36	100	0,9
1.5 последующая подача питания автоматически включаться в работу с перезапуском терминалов сек.	0,1	82	0.74	57	0.51	100	0,9

$$Q_H = \sum_{i=1}^n q_i d_i = (0,04 \cdot 0,63) + (0,2 \cdot 0,36) + (0,2 \cdot 0,57) + (0,2 \cdot 0,53) + \\ + (0,1 \cdot 0,74) = 0,879 \quad (4.3)$$

$$Q_K = \sum_{i=1}^n q_i d_i = (0,04 \cdot 0,27) + (0,2 \cdot 0,25) + (0,2 \cdot 0,42) + (0,2 \cdot 0,36) + \\ + (0,1 \cdot 0,51) = 0,794 \quad (4.4)$$

Показатель конкурентоспособности новшества по отношению к базовому объекту будет равен

$$K_{\text{ту}} = \frac{Q_H}{Q_K} = 1,1 \quad (4.5)$$

где  $K_{\text{ту}}$  – показатель конкурентоспособности нового объекта по отношению к конкурирующему по техническим параметрам (показатель технического уровня);

$Q_H$ ,  $Q_K$  – соответствующие групповые технические показатели нового и базового объекта.

Таблица 9.3 – Объяснение величин параметров.

Характеристики	Новшество:	Конкурент:
1.1 коммутации цепей постоянного тока с индуктивной нагрузкой, секунд	Контакты выходных реле шкафа при коммутации цепей постоянного тока с индуктивной нагрузкой с постоянной времени	С индуктивной нагрузкой с постоянной времени.
1.2 Коммутационная способность контактов реле, регистраторов дискретных сигналов ВТ	В каждой из систем защит могут быть предусмотрены контактные выходы для воздействия на регистратор дискретных сигналов или АСУ ТП с возвратом после исчезновения воздействующего сигнала.	Воздействия на регистратор дискретных сигналов или АСУ ТП с возвратом после исчезновения
1.3 Правильность работы при изменении напряжения постоянного оперативного тока, (%)	Шкафы правильно работают при изменении напряжения постоянного оперативного тока от минус 20 % до плюс 10 % относительно номинального значения	Относительно номинального значения
1.4 Выдерживают тока без повреждения, сек	Элементы шкафов в нормальном режиме, обтекаемые током, длительно выдерживают 120 % номинальной величины переменного тока, 110% номинальной величины напряжения оперативного постоянного тока и 115 % номинальной величины переменного напряжения.	Выдерживают 120 % номинальной величины переменного тока, 110% номинальной величины
1.5 последующая подача питания автоматически включаться в работу с перезапуском терминалов сек.	Шкафы не срабатывают ложно при снятии, подаче или кратковременном исчезновении напряжения постоянного оперативного тока. При перерывах в питании более 150 мс блоки	При перерывах в питании более 150 мс блоки питания могут автоматически отключаться.

	питания могут автоматически отключаться и при последующей подаче питания автоматически включаться в работу с перезапуском терминалов в течение не более 30 с.	
--	---	--

Превосходство над оппонентами обеспечивается за счет того, что продукция данного производителя широко распространена на отечественном рынке и пользуется заслуженной популярностью. Этого удалось достичь, в первую очередь, за счет надежности и качества. Преимуществ у микропроцессорных защит много: это меньшие габаритные размеры, постоянная самодиагностика, совмещение в одном устройстве функций различных защит, управления, измерения, регистрации событий, возможность интеграции в АСУ ТП, оперативное внесение изменений в программы защит, в том числе и для исправления проектных ошибок и прочее. Если учесть все эти составляющие, то можно смело утверждать, что цена функций в таких изделиях сопоставима с электромеханическими защитами (а чаще – ниже) и это выбивает главный аргумент сторонников электромеханики.

Таблица 9.4. - Оценка научного уровня разработки

Показатели	Значимость показателя	Достигнутый уровень	Значение $i$ -го фактора
	$d_i$	$K_{дyi}$	$K_{дyi} \cdot d_i$
1. Новизна полученных или предполагаемых результатов (критерий оценки: обобщен имеющийся опыт)	0,1	0,3	0,03
2. Перспективность использования результатов (критерий оценки: использование для предварительного рабочего проектирования в расчётных	0,4	0,1	0,04

группах РЗА ОДУ, РДУ)			
3. Завершенность полученных результатов (критерий оценки: написан отчет по теме)	0,3	0,1	0,03
4. Масштаб возможной реализации полученных результатов (критерий оценки: Тюменская энергосистема)	0,2	0,1	0,02
Результативность	$K_{\text{ны}} = \sum(K_{\text{дyi}} \cdot d_i) = 0,14$		

## 9.3 Расчёт затрат на проектирование РЗ

### 9.3.1 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используем следующую формулу:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2.8 \text{ чел} - \text{дни} \quad (5.6)$$

Где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы человеко-дни;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, человеко-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{2.8}{1} = 2.8 \text{ дней} \quad (5.7)$$

где  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 9.3.2 Разработка графика проведения научного исследования

Коэффициент календарности определяем по следующей формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 6}{5} = 4,2 \text{ чел} - \text{дни}, \quad (5.8)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Для определения календарных дней выполнения работы необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 2,8 \cdot 1,22 = 3 \text{ дней}, (9.9)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  округляем до целого числа.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу.

Таблица 9.5 - Временные показатели проведения научного исследования

№  п/п	Название  Работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в календарных днях			
		$t_{\min}$ , человеко-дни		$t_{\max}$ , человеко-дни		$t_{\text{ож}}$ человеко-дни		Длительность работ в рабочих днях	работ в календарных днях		
		Руковод.	Инженер	Руковод	Инженер	Руковод.	Инженер				
1	Составление и утверждение технического задания	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2	-
2	Подбор и изучение литературы по теме	-	10	-	12	-	4,2	-	4,2	-	13

3	Выбор направления исследований	1	2	3	4	1,4	5	0,7	2,5	1	2
4	Календарное планирование работ по теме	1	-	2	-	1,4	-	2	-	2	-
5	Выбор структурной схемы станции	-	3	-	6	-	4,2	-	4,2	-	5
6	Расчет релейной защиты трансформатора	-	13	-	22	-	16,6	-	16,6	-	20
7	Расчет уставок защит	-	13	-	29	-	19,4	-	19,4	-	23
8	Анализ полученных результатов	1	3	2	8	1,4	5	0,7	2,5	1	3
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	-	6	-	10	-	7,6	-	7,6	-	13
10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	1	-	2	-	1,4	-	1,4	-	2	-
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	1	2	2	4	1,4	2,8	0,7	14	1	2
12		Итого:									90

Таблица 9.6 – Календарный план проведения научного исследования по теме

(с нарастающим итогом)

№ работ	Вид работы	Исполнители	$T_{ki}$ , кал. дн.
---------	------------	-------------	------------------------

1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2
2	Подбор, изучение литературы	Инженер	13
3	Выбор направления исследований	Инженер Руководитель	3
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	2
5	Выбор структурной схемы станции	Инженер	5
6	Расчет релейной защиты трансформатора	Инженер	20
7	Расчет уставок защит	Инженер	23
8	Анализ полученных результатов	Инженер	4
9	Контроль качества выполнения проекта и консультация исполнителя	Руководитель Инженер	13
10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер	2
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер	3



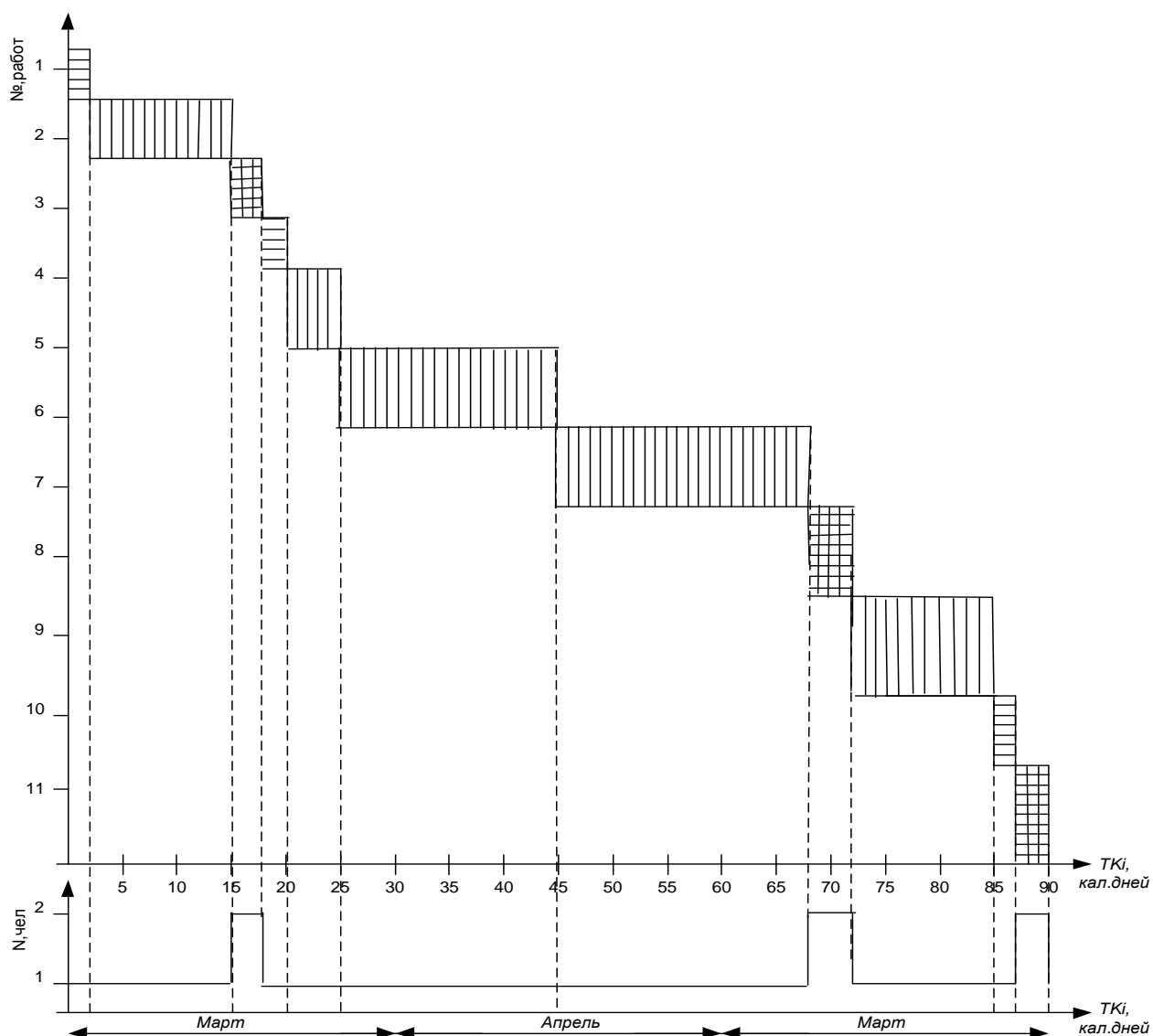


Рисунок 4.1 – Календарный график и график занятости исполнителей проведения научного исследования по теме

Где



– руководитель;



– инженер;



– руководитель и инженер.

### 9.3.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе

формирования бюджета научного исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты научного исследования;
- оплата труда;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- амортизация
- прочие расходы
- накладные расходы.

#### 9.3.4 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Таблица 9.7 – Расходы на канцелярские товары

Наименование	Цена, руб.	Кол-во	Общая стоимость, руб.
1. Бумага А4 Svetocopy	195	2	390
2. Карандаш	30	4	120
3. Ластик	36	2	72
4. Ручка	60	2	120
5. Картридж лазерный Panasonic KX- FAT400A7	3150	1	3150
6. Линейка	55	6	330
7. Калькулятор	600	2	1200
Итого			5 382

#### 9.3.5 Заработная плата исполнителей темы

В данную тему включается заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется

исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. Расчет заработной платы приведен ниже.

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{ТС}} \cdot k_{\text{Д}} \cdot k_{\text{Р}} \quad (4.10)$$

Где

$З_{\text{ТС}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{Д}} = 1,16$  – коэффициент дополнительной заработной платы руководителя;

$k_{\text{Д}} = 1,08$  – коэффициент дополнительной заработной платы инженера;

$k_{\text{Р}} = 1,3$  – районный коэффициент для Томска.

Месячный должностной оклад инженера, руб.:

$$З_{\text{м}} = 16751 \cdot 1,08 \cdot 1,3 = 23518,4$$

Среднедневная заработная плата инженера, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{23518,4}{30} = 739$$

Заработная плата инженера, руб.:

$$З = 70555,2$$

Месячный должностной оклад научного руководителя, руб.:

$$З_{\text{м}} = 23264,9 \cdot 1,16 \cdot 1,3 = 35083,47$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$З_{\text{дн}} = \frac{35083,47}{30} = 1169,45$$

Заработная плата руководителя, руб.:

$$З = 105250,41$$

Итого по зарплате: 175805,61рублей.

### 9.3.6 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по следующей формуле:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot З, (4.11)$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г., в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ, установлен размер страховых взносов, равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность, в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%<sup>1</sup>.

Отчисления во внебюджетные фонды, руб.:

$$З_{внеб.} = k_{внеб.} \cdot З = 27,1 \cdot 175805,61 = 47643,4 \text{ руб.}$$

Итого: 47643,4 руб

---

<sup>1</sup> Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

### 9.3.7 Амортизация

Затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье занесён в таблицу 9.8.

Таблица 9.8. Расчет бюджета затрат на приобретение основных средств

№ п/п	Наименование оборудования		Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1.	Программный комплекс на месяц AvtoCAD LT		3	2390	7 170
2	Лицензия на программное обеспечение Microsoft Office		1	3 500	3 500
3	Оргтехника, комплект		2	27 800	55 600
4	Мебель, комплект	стол	2	15 800	31600
		кресло	2	8200	16400
		полка	2	2500	5000
Итого:					92 770

В связи с длительностью использования, стоимость основных средств учитывается с помощью амортизации:

$$A = \frac{\text{стоимость} \cdot N_{\text{днейиспользования}}}{\text{срокслужбы} \cdot 365} \quad (4.12)$$

Амортизация оргтехники, программного обеспечения:

$$A_{\text{комп.}} = \frac{66270 \cdot 90}{5 \cdot 365} = 3268,11 \text{ руб}$$

$$\text{Амортизация мебели:} \quad A_{\text{меб.}} = \frac{53000 \cdot 90}{10 \cdot 365} = 2613,69 \text{ руб.}$$

Итого: 5889,8 руб.

### 9.3.8 Прочие расходы

Прочие расходы это затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать материалов исследования, оплата услуг связи, почтовые и телеграфные расходы, и.т.д. и составляют 300% от заработной платы исполнителей. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{пр}} = 0,1(З_{\text{ма}} + З_{\text{зат}} + З_{\text{отч}} + З_{\text{амо}})$$

### 9.3.9. Накладные расходы, руб.:

Накладные расходы, руб:

$$З_{\text{накл.}} = З \cdot З.$$

$$З_{\text{накл.}} = 527416,83 \text{ руб}$$

$$З_{\text{себе.}} = З_{\text{ма.}} + З_{\text{зат.}} + З_{\text{отч.}} + З_{\text{амо.}} + З_{\text{проч.}} + З_{\text{накл.}}$$

приведено в таблице 9.9.

Таблица 9.9 – Расчет бюджета затрат научного исследования

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НИ	5382
2. Затраты по заработной плате исполнителей темы	175805,61
3. Отчисления во внебюджетные фонды	47643,4
4. Амортизация	5889,8
5. Прочие расходы ((п.1+п.2+п.3+п.4)*0,1)	23472,081
6. Накладные расходы	527416,83
7. Итого себестоимость разработки (п.1+п.2+п.3+п.4+п.5+п.6)	785609,721
8. Прибыль (п. 7*0,2)	157121,94
9. Договорная цена (п. 7+п. 8)	942731.661

#### 9.4 Определение капитальных вложений в РЗА

Материальные затраты на оборудование:

Сумма стоимости всех устройств релейной защиты и автоматики параллельной линии 110 кВ, трансформаторов тока и напряжения, кабельной продукции, материальной базы для монтажа спроектированных устройств составляет:  $\sum M_{зм.} = 17626848$  руб. (цены договорные по прейскуранту ООО НПО «ЭКРА»).

Таблица 9.10 Материальные затраты на оборудование

Оборудование	Количество	Цена	Общая цена
Кабель марки АПВВНГ 3 × 50 120 метров	1	78 480	78 480
Концевая кабельная муфта ЗПК(Н)ТП-1	6	955	5730
ТШЛ110-5000-У3 Трансформатор Т2 (НН)	1	89371	89371
ТВТ35-У1 Трансформатор Т2 (СН)	1	93267	93267
шкафы ШЭ1111 и ШЭ1112	2	730000	1460000
Итого:			17626848

Капитальные вложения определяются по формуле:

$$K = K_{\text{проект}} + K_{\text{оборуд}} + K_{\text{монт}} \quad (9.14),$$

Где:  $K_{\text{монт}} = 20\% \text{ от } K_{\text{оборуд}}$

$K = 22\,094\,949.26$  руб.